

웰빙시대의 실내 환경제어

본고에서는 인간과 환경이 조화를 이루는 실내 환경제어논리, 즉 인간에게는 쾌적하면서 건강한 공간을 제공하면서 환경친화적인 웰빙시대에 요구되는 실내 환경조절시스템에 대해 서술하고자 한다.

송 두 삼 / 편집위원

성균관대학교 건축공학과(dssong@skku.edu)

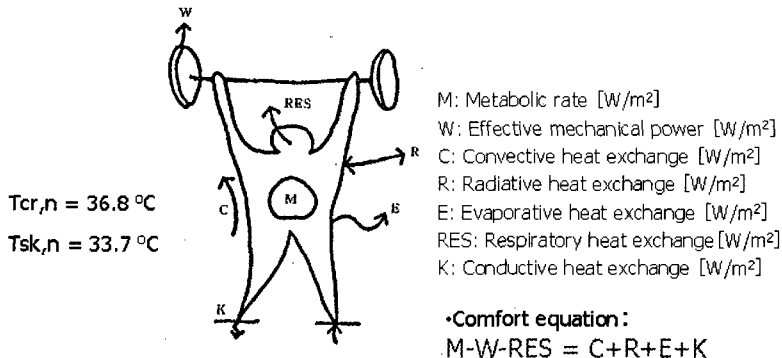
서문

최근 우리나라에 “웰빙(Well-being)바람”이 불고 있다. 대중매체를 통해 또는 일상생활 속에서 “웰빙”이란 단어를 하루에도 수십 번씩 접할 수 있을 정도로 이제 일반화 되어가고 있다. “웰빙”이란 말의 유래를 살펴보면 그 유래는 60년대 미국의 히피족과 같이 일탈적 행동을 하는 사람들을 지칭하는 말로 거슬러 올라가며 80년대에는 여피족(YUP - young, urban, professional) 즉 고등교육을 받고, 도시 근교에 살며, 전문직에 종사하며 고소득을 올리는 일군(一群)의 젊은 세대를 일컫는 말로, 다시 90년대에는 물질적 실리와 보헤미안의 정신적 풍요를 동시에 누

리는 미국의 새로운 상류계급층(보보소족)을 지칭하는 것으로 이것이 2000년대에 들어서서는 정신적, 육체적으로 건강하고 안락한 삶을 추구하는 라이프 스타일을 통칭하는 의미로 통용되고 있다. 국내에 웰빙 개념이 도입된 것은 대략 2001년부터로 2002년 말쯤에 대중적으로 확산되기 시작하여 현재에 이르고 있다.

웰빙의 본래 의미는 행복, 안녕, 복지 등 ‘삶의 질’ 즉 여유롭고 조화로운 건강한 삶을 지향하는 것이었으나, 최근 국내에서 통용되고 있는 개념은 지나치게 물질적인 풍요만을 강조하는 것이 아닌가 하는 생각이 든다.

최근에 웰빙바람을 가장 많이 받고 있는 분야로 주



[그림 1] 열평형 모델(Heat-balance model)의 개념

거공간을 꿈꿀 수 있는데 최근 국내에 초고층 주상 복합건물의 등장과 함께 일반 공동주택에서도 주거 공간이 종래에 경험하지 못한 호화로운 공간으로 탈바꿈하고 있다. 이미 냉방은 필수적인 것이 되었으며 최근에는 환기시스템의 도입마저 검토되고 있는 상황이다. 물론 첨단설비를 적극적으로 활용하여 보다 쾌적함, 편리함을 추구하는 것이 인간의 본질이며 그러한 요구가 과학 발전의 모티브가 되는 것으로 참으로 고무적인 현상이나 지나치게 기계적인 시스템에 의존하여 인간 자체가 가진 환경변화에 대한 적응능력을 상실해 가는 것이, 또는 아무 의식 없이 에너지낭비를 조장하는 것이 웰빙은 아니라는 생각을 해본다.

이런 관점에서 본고에서는 인간과 환경이 조화를 이루는 실내 환경조절 시스템, 즉 인간에게는 쾌적함과 건강함을 제공하면서 주변 환경에도 친화적인 진정한 웰빙시스템, 실내환경 제어 개념에 대해 소개하고자 한다.

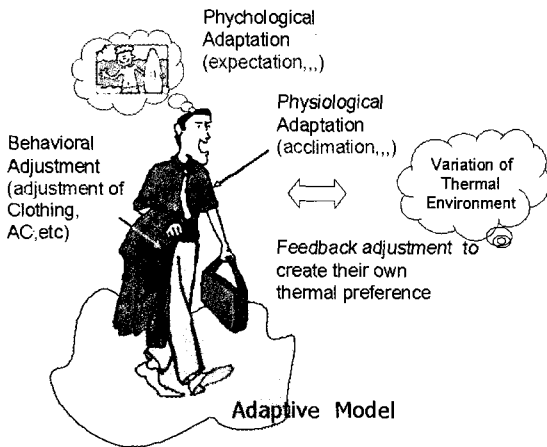
인간의 열적 요구를 수용하는 열쾌적 모델, 실내환경 제어

오늘날 실내 냉난방의 쾌적온도, 쾌적범위는 Gagge, Fanger 등이 제안한 “열평형모델(Heat balance model)”에 근거하고 있다. “열평형 모델”은 엄밀하게 조절된 실험실 환경하에서 미국 및 유

럽에 걸쳐 실시된 천명 이상의 피험자실험에 기초하고 있다. 이 연구는 온열감각이 인간의 체온조절 시스템 영향 메카니즘(effector mechanisms)에 미치는 열부하(thermal load)와 매우 밀접한 관련이 있다는 사실에 기반하고 있다. 인간의 활동량, 착의량 그리고 고전적인 4가지의 열 환경 인자(기온, 평균 복사온도, 기류속도, 습도)를 평가항목으로 하여 거주자의 온열감을 예측한다. 1980년대 이래 열쾌적에 관련한 국제기준^{2,3)}으로 제정되었으며 현재 세계 각국의 실내 온열환경의 쾌적성을 평가하고, 실내환경을 제어하는 근간이 되는 논리로 활용되고 있다.

그러나 최근 열쾌적에 관련한 연구를 실시하고 있는 학자들은 그동안 불변의 진리처럼 여겨왔던 “열평형 모델-PMV model”의 논리에 의문을 가지기 시작하였다⁴⁾. 열평형 모델이 1) 거주자의 지역적 특성을 무시한 채 전 세계 어느 곳에 거주하든지 거주자는 동일한 환경조건에서 동일한 온열감을 나타낼 것이라는 것, 2) 쾌적감은 한정된 환경조건에서만 달성된다는 점 등의 열평형 모델의 대 원칙들이 최근의 연구를 통해 다룰 수 있음이 증명되고 있다. 그 대표적인 예로 열대지방의 비공조 건물에서 실시된 실측조사 결과를 보면, 열평형 모델에 의해 예측된 온열감이 거주자가 실제로 느끼는 온열감각보다 조금 높은 예측치, 즉 실제 보다 과장되게 온열감을 나타낸다는 것이다⁵⁾. 이 사실은 “열평형 모델”의 창시자라고 할 수 있는 P. O., Fanger도 인정하는 부분으로 Fanger는 “PMV model”로 불리는 “열평형 모델”이 주로 공조공간을 전제로 한 것으로 비공조 공간에서의 온열감 예측에는 다소 오차를 유발할 수 있다는 점, 또한 “열평형 모델”은 예를 들면 열대지방과 같은 극지환경에서 오랫동안 살아온 사람들의 “생리적 순응(physiological acclimatization)”을 고려하지 못한다는 점을 인정하고, 그 결과 종래의 “PMV model”을 수정한 “PMVe (Extention of the PMV model)”을 발표하고 있다⁶⁾.

이와 같이 종래의 “열평형 모델”에 대한 한계점에 기초하여 열쾌적에 대한 새로운 모델로 제시되고 있는 것이 “Adaptive model”이다⁷⁾. “Adaptive model”은 De Dear, G. S. Brager 등에 의해 제안된 것으로 Fanger의 “열평형 모델”이 실험실 환경에 기초하고



[그림 2] Adaptive Model의 개념



있는 것에 반하여 주로 실제 거주 환경에 대한 실측 결과를 근거로 하여 제시하고 있다.

“Adaptive model”과 “열평형 모델”의 차이점을 특징적으로 정리하면 “Adaptive model”은 그동안 “열평형 모델”에서 무시되어 왔던 주변환경 변화에 대한 1)인간의 심리적 적응(Phychological Adaptation), 2)생리적 적응(Physiological Adapatation) 등을 적극적으로 고려한 다는 것이다.

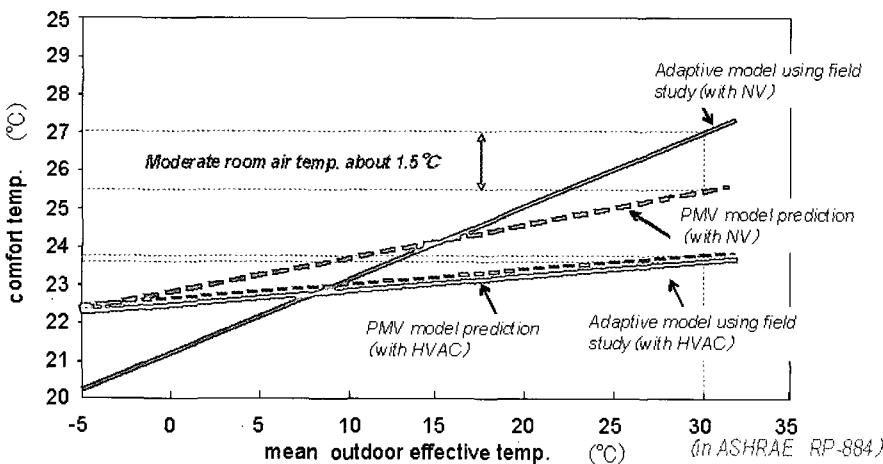
심리적 적응의 대표적인 것은 “거주자의 기대감(Expectation)”이다. 즉 거주자가 자신의 경험했던 환경에 대한 기대감으로 오랫동안 공조환경에 익숙한 사람과 그렇지 못한 사람간의 냉난방에 대한 기대치 차이로 인한 온열감의 차이를 설명한다.

생리적 적응의 대표적인 것으로 앞서 열대지방의 실측 예에서 나타난 바와 같이 오랫동안 열대지방에 거주한 사람들이 몇 세대를 걸쳐면서 자신들의 주어진 환경에 적응하도록 생리적인 변화, 예를 들면 땀샘구조가 발달한다든지 하는 등 장기간의 체재에 따른 생리적 변화를 통해 기후조건에 적응하는 것이다. 더불어 “열평형 모델”에서는 거주환경 변화에 따른 인간의 적응 행동을 “착의량 조절”, “대사량 조절” 등 두가지 항목에 대해서만 고려를 하고 있으나 “Adaptive Model”에서는 거주자가 자신의 현재 환경이 불쾌하다고 느꼈을 경우에는 착의량, 대사량 조절 뿐만 아니라 예를 들면, 창을 열

거나 부채질을 통해 기류감을 조성한다거나 하는 적극적인 적응행동(Behavioral Adaptaion)을 한다는 것이다.

그 결과 그림 3에 나타난 바와 같이 냉난방을 실시하는 공조 공간하에서는 “열평형 모델-PMV Model”이나 “Adaptive Model”에 의한 예측치 사이에 차이는 없으나 비공조 공간에 자연환기를 실시하는 경우에는 각각의 모델에 기반하여 예측한 쾌적감 사이에 차이가 상당히 발생하는 것을 알 수 있다. 그림 3에서와 같이 외기온도가 30℃인 상황에서 실제 예측치(Adaptive Model)와 PMV 모델에 의해 예측되는 쾌적온도(Comfort Temp.) 사이에 약 1.5℃ 정도의 차이를 나타내는 것을 알 수 있다. 역으로 얘기하면, “PMV Model”을 제어논리로 하는 실내 냉방시스템의 경우 실제 쾌적온도 보다 더 낮게 실온을 제어함으로써 역으로 불쾌감을 유발할 수도 있으며 불필요한 에너지낭비를 초래할 수 있다는 사실을 시사하고 있다.

웰빙과 “Adaptive Model”과의 관련성에 혹자는 의아해 할지도 모르겠다. 선진국을 중심으로 “Adaptive Model”이 최근 거론되는 이유는 “웰빙”과 무관하지는 않다. 종래의 “열평형 모델”에 기반한 실내 환경 제어방법은 거주자의 특수성을 고려하지 못하고 일방적인 환경에 거주자가 수동적으로 대처하도록 하는 개념으로 변화하는 거주자의 쾌적 요구를 수용하



[그림 3] PMV model vs. Adaptive model

지 못하고 결과적으로 에너지만을 낭비하는 결과를 초래하고 있다.

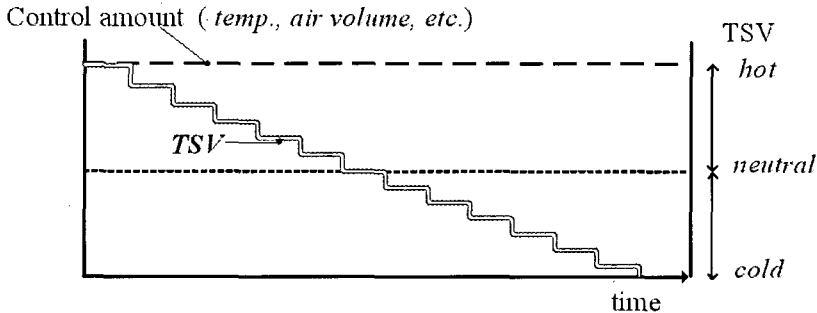
그림 4, 5에 보이는 바와 같이 기존의 열평형 모델-PMV model에 의한 제어의 개념은 실온을 일정하게 유지하도록 조절하는 개념이나 Adaptive model에 의한 제어 개념은 예를 들면 여름철 실외에서 실내로 들어온 거주자가 초기에는 열적인 스트레스가 과다하여 많은 제어량이 필요하지만 거주자는 점점 열적으로 안정되어 쾌적단계에 이르면 더 이상 초기 제어량을 유지할 필요는 없을 것이다. 즉 시간별 거주자의 온열감변화를 고려한 제어량 조절이 요구된다. 이를 통해 거주자에게는 건강한 쾌적감을 유지시키면서 냉방에 따른 에너지소비량을 최소화할 수 있을 것이다. 건강과 쾌적성 뿐 아니라 궁극적으로는 에너지 효율을 극대화할 수 있는 제어논리가 웰빙시대에는 걸 맞는 제어개념이라고 생각된다.

웰빙시스템-*Personal Air Conditioning System*

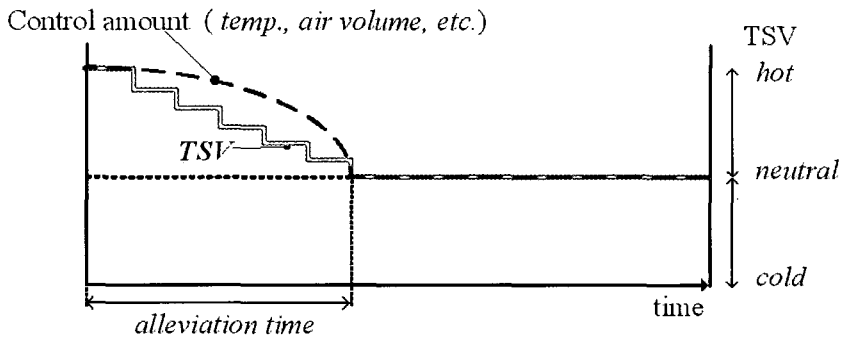
현재 사용되고 있는 공조시스템의 대부분은 앞서 설명한 “열평형 모델”에 기반을 둔 제어개념을 적용하고 있으며, 공조공간을 일정한 온도로 조절하는 것을 목표로 하고 있다.

그림 6에서와 같이 모든 공간을 균일한 온도로 조절할 경우, 거주자의 특성에 따라 일부는 쾌적할 수도 있지만 또 그 반대로 불쾌감을 느끼는 거주자도 생길 수 있는 것이다. 또한 실의 모든 공간을 전부 냉/난방 함으로써 불필요한 공간에 대한 공조를 통해 불필요한 에너지낭비를 초래하는 결과를 초래할 것이다.

웰빙시대의 공조시스템은 각 개개인의 열쾌적에 대한 요구를 충족시키면서 아울러 에너지 절약적인 개별공조 시스템(*Personal Air-conditioning System*) 이 적절할 것으로 생각된다.



[그림 4] 열평형 모델에 의한 제어



[그림 5] Adaptive Model에 의한 제어⁹⁾



개별공조 시스템은 Task/Ambient 공조의 개념을 기본으로 한다. 또한 제어논리는 앞서 설명한 “Adaptive Model”을 기반으로 하는 것이 더욱 그 효율을 향상시킬 것이다. Task/Ambient 공조는 “공간을 장시간 체재하는 Task-zone과 비교적 단시간 체재하거나 실제 거주하지 않는 Ambient-zone으로 분할하여 공조를 실시하는 시스템”으로 정의된다. 그림 7에 Task/Ambient Air-Conditioning System의 개념을 보여주고 있다. Task/Ambient 공조는 표 1에 분류한 것과 같이 공조공기의 취출 위치에 따라, 바닥취출, 천정취출, 데스크취출 등으로 나눌 수 있으며, 공조기와 덕트의 접속방식에 따라 덕트 연결형과 덕트레스형(ductless)로 분류된다. 또한 공조온도에 따라서도 냉/난방, 실내공기와 등온형(等溫型)/비등온형(非等溫型), 부가기능으로서 복사 패널에 의한 난방 등이 있다.

국내에는 바닥취출공조를 통한 Task/ambient공조

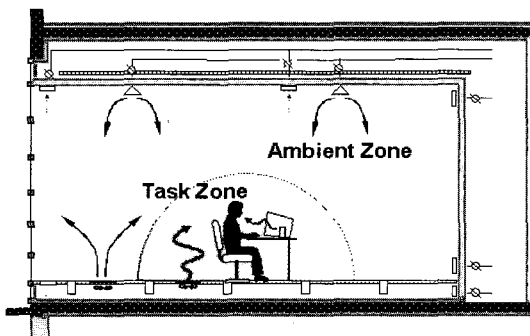
의 개념이 도입된 예(예를 들면 동부금융센터)는 몇몇 보고되고 있으나 표 1과 같이 본격적으로 개별공조 시스템(Personal Air-conditioning System)으로 개발된 사례는 아직 보고되고 있지 않다.

개별공조 시스템(Personal Air-Conditioning System)은 당초 미국의 Johnson & Control사를 중심으로 미국, 유럽, 일본 등에서 개발되었다. 본래 개발 의도는 에너지절약의 목적이라기보다는 극도로 개개인의 쾌적성을 증가시켜 생산성을 향상시킴으로써 궁극적으로 기업의 생산성을 증가시키는 데 주안점을 두고 있었다. 1990년대 초에 활발하였던 개별공조에 대한 선진국의 개발분은 90년대 후반에 들어서면서 세계적인 경제위기와 함께 위축되게 되었으나 최근 웰빙바람과 함께 에너지문제가 다시 부상하면서 다시 개발의 움직임이 보이고 있다.

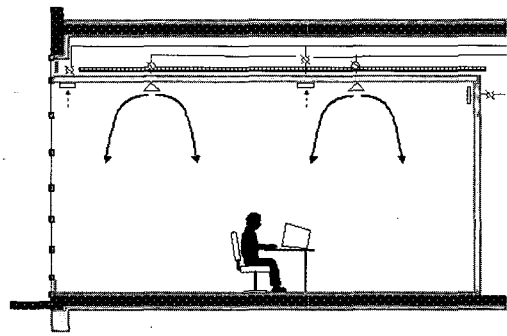
최근에 소개된 개별공조시스템⁸⁾은 기존의 개별공조시스템의 열원이 덕트로 연결되어 있으며 책상이



[그림 6] 기존의 공조시스템에 의한 실내 환경제어



[그림 7] Task/ambient air-conditioning system

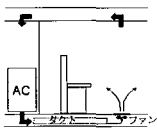
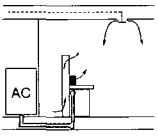
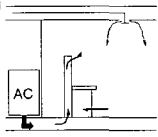
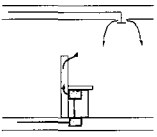
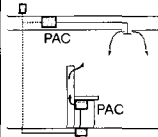
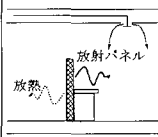
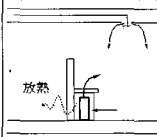


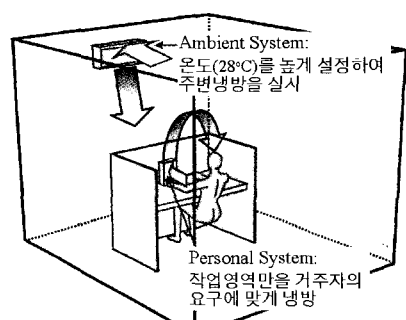
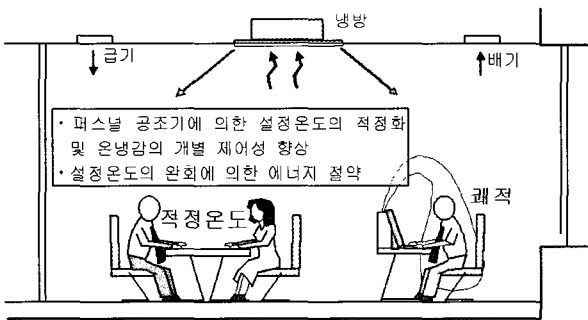
[그림 8] 기존 공조시스템(전실공조)

나 파티션에 고정되어 있어 사용상의 제약이나 실의 레이아웃 변경에 대응하지 못하는 문제점들을 개선하여 열원일체형의 소형시스템으로 약 200 W의 배열을 제거할 수 있는 시스템이다. 따라서 장소의 제약을 받지 않으며 거주자가 필요한 공간, 필요한 시간에 언제든지 활용 가능한 시스템이다. 또한 본 시

스템은 종래의 냉방시스템과도 병행하여 사용 가능한 것으로, 종래의 냉방시스템의 부하를 최소화할 수 있으며, 각각의 거주자의 열쾌적 요구에 따라 개별적으로 일정 영역만 조절할 수 있어, 열쾌적 향상에 따른 생산성 향상, 에너지 소비의 최소화가 기대된다.

<표 1> Task/ambient system의 종류 및 특징⁹⁾

중앙열원방식			냉/온수방식	개별열원방식	열원이존방식	
공기방식					페르체방식	직평식
 <p>비닥취출</p>	 <p>데스크취출</p>	 <p>파티션취출</p>				
-덕트연결, 팬없음. -Ductless, 팬	-퍼스널공조를목적으로 개발된 시스템 -데스크와 조합하여, 그 부하에 대응 하도록 한 것	-Free Access Floor 를 급기 챔버로 이용하여 파티션 및 가구 등에 취출구를 설치한 것 -파티션 취출팬 -바닥 취출과 조합된 취출팬 유/무형	-데스크 일 부분에 퍼스널 FCU 를 설치	-열티 패키지의 실내기를 소형화하여 책상 하부에 설치	-종래의 전반공조가 구축되어 있는 시스템에서 서브시스템으로 이용 -페르체소자를 이용한 복사 냉/난방 방식	-종래의 전반공조가 구축되어 있는 시스템에서 서브시스템으로 이용 -소용량의 직평형 룸쿨러를이용, 냉각 배열은 실내에 방열된다. -난방은 패널히더



[그림 9] 가동형 개별공조 시스템(Movable Personal AC)의 개념

Task/Ambient공조개념에 의해 주변공간(Ambient-zone)은 설정온도를 완화하여, 예를들면 약 28°C 정도로 하고, 작업영역(Task-zone)은 거주자의 요구에 맞추어 냉방을 함으로써 거주자의 열적쾌적성을 향상시키며 실 전체를 거주자의 요구 맞게 냉방을 하던 기존의 냉방방식에 비해 에너지절감을 달성할 수 있음. 더불어 제한하는 새로운 개별공조시스템은 열원일체형 포터블타입으로 거주자가 필요한 공간에 가지고 설치하여 사용할 수 있으므로 공간의 제약을 받지 않는다는 특징이 있다. 또한 공조시간외에 필요에 따라 개별적으로 운용할 수 있어 전반공조로 인한 불필요한 에너지낭비를 최소화할 수 있다.



국내에는 아직 개별공조에 대한 요구, 개발에 대한 논의가 없으나 최근의 웰빙바람의 추이나 에너지문제 등을 고려할 때 머지않은 장래에 곧 개발이 필요한 부분이라고 생각된다.

결론

본 지에서는 웰빙시대에 요구되는 실내환경제어 개념 및 실내환경조절 시스템에 대해 기술하였다. 저자가 소개하는 Adaptive Model 또는 Adaptive Control의 개념은 일반적인 환경에 거주자가 수동적으로 대응하였던 종래의 시스템에 대해 적극적으로 인간의 적응능력을 활용하여 건강하고 쾌적하면서 에너지 절약적인 방법으로 실내환경 조절을 피하는 것으로 웰빙개념에 부합되는 제어논리라고 생각된다. 또한 최근 부각되고 있는 Personal Air-conditioning System은 개개인의 열적 선호도(Thermal Preference)를 만족시키며 보다 거주자의 다양한 공조에 대한 요구를 충족시키는 시스템으로 에너지 절감효과 뿐 아니라 생산성향상을 도모할 수 있다. 국내에는 아직 구체적인 개발사례가 보고되고 있지 않으나 웰빙바람과 함께 근 시일 내에 개발 될 것으로 기대한다.

참고문헌

- 1) P.O.Fanger, Thermal Comfort, Copenhagen, Danish Technical Press, 1970.
- 2) ASHRAE. 2004. ANSI/ASHRAE Standard 55-1992, "Thermal environmental conditions for

human occupancy." Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc.

- 3) ISO. 1994. International Standard 7730, "Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort." Geneva: International Standards Organization.
- 4) K.Parsons, Thermal comfort Standards: Past, present and future, and open discussion that follows, Thermal Comfort: Past Present and Future, UK, 1994.
- 5) G.S.Brager, R.J.de Dear, Thermal Adaptation in the Built Environment, Energy and Building, Vol. 27(1), 1998, pp.83-96.
- 6) P.O.Fanger, "Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates", Energy and Buildings 34, 2002, pp. 535-536.
- 7) R.J.de Dear, G.Brager, Understanding the Adaptive Approach to Thermal Comfort, Final Report on ASHRAE RP-884, Sydney, MPRL, 1998.
- 8) Doosam Song, et.al., "Study on the individual control system considering the human thermal adaption, ROOMVENT 2004, pp. 106-107.
- 9) S. Tanabe, "Task/ambient air-conditioning system의 연구개발 사례 및 향후 과제, 설비저널 33(8), 대한설비공학회, 2004.8